



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 400 031 B1**

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- (45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: 10.11.93 (51) Int. Cl. 5: C21D 8/04, C22C 38/14
- (21) Anmeldenummer: 89901844.4
- (22) Anmeldetag: 27.01.89
- (96) Internationale Anmeldenummer:  
PCT/DE89/00057
- (37) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
WO 89/07158 (10.08.89 89/18)

**KALTGEWALZTES BLECH ODER BAND UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG.**

- |   |   |
|---|---|
| <p>(30) Priorität: 29.01.88 DE 3803064<br/>22.12.88 DE 3843732</p> <p>(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:<br/>05.12.90 Patentblatt 90/49</p> <p>(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die<br/>Patenterteilung:<br/>10.11.93 Patentblatt 93/45</p> <p>(54) Benannte Vertragsstaaten:<br/>AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE</p> <p>(56) Entgegenhaltungen:<br/>EP-A- 101 740 EP-A- 120 976<br/>EP-A- 171 208 DE-A- 2 155 620<br/>US-A- 3 814 636 US-A- 4 125 416</p> <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 3, Nr.<br/>11, 30 Jänner 1979; Seite 164-C 35&amp;NUM;</p> <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 8, Nr.<br/>168 (C-236)(1605), 03 August 1984&amp;NUM;</p> | <p>(73) Patentinhaber: Preussag Stahl Aktiengesell-<br/>schaft<br/>Gerhard-Lukas-Meyer-Strasse 10<br/>D-31226 Peine(DE)</p> <p>(72) Erfinder: FREIER, Klaus<br/>Marienburgweg 65<br/>D-3340 Wolfenbüttel(DE)<br/>Erfinder: ZIMNIK, Walter<br/>Salzdahlumer Str. 60<br/>D-3340 Wolfenbüttel(DE)</p> <p>(74) Vertreter: Lüdtkke, Frank et al<br/>Preussag AG<br/>Patente und Lizenzen<br/>Postfach 61 02 09<br/>D-30602 Hannover (DE)</p> |
|---|---|

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 400 031 B1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bleches oder Bandes sowie ein zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 5.

5 Zum Tiefziehen von rotationssymmetrischen Stahlteilen wird möglichst texturfrees kaltgewalztes Band oder Blech eingesetzt, damit ein quasiisotropes Umformen möglich und das gezogene Teil zipfelfrei ist. Damit ist gemeint, daß ein z. B. zylindrisch tiefgezogenes Teil keinen welligen Rand aufweist.

Eine vollkommene Zipfelfreiheit ist nur von isotropem Material ohne Seigerungen, ohne nichtmetallische Einschlüsse, ohne perlischnurartige Zementitausscheidungen und bei pan-cake-freiem Gefüge zu erwarten. 10 Daher wird in der folgenden Beschreibung nur der Begriff "zipfelarmes" auch für nach dem Stand der Technik "zipfelfreies" Band verwendet.

In "Blech, Rohre, Profile" 9/1977, S. 341 - 346 wird detailliert die Ursache für die Zipfelbildung beschrieben und ein Maß für die relative Zipfelhöhe  $Z$  sowie die ebene Anisotropie  $\Delta r$  definiert. Ideal wären jeweils Ergebnisse mit dem Wert Null (zipfelfreies Material).

15 Der Wert für die ebene Anisotropie errechnet sich aus der Anisotropie  $r$  für unterschiedliches Ausdehnungsverhalten des Materials in Walzrichtung sowie unter 45 Grad und 90 Grad dazu. Für unterschiedliche Tiefzieheigenschaften sind verschiedene  $r$ -Werte einstellbar.

Für die in der Veröffentlichung erwähnten Stähle läßt sich zipfelfreies Material nur durch Normalglühen des kaltgewalzten Bandes in einer Durchlaufglühe bei etwa 1000 Grad Celsius erreichen, wobei das Blech 20 im Endzustand eine Korngröße ASTM 8 bei einer relativen Zipfelhöhe von ca. 0,3 bis 0,4 % und  $\Delta r$  ca.  $\pm 0,1$  erreichen.

Für nicht normalisierend geglühtes Band sei nur ein zipfelarmer Zustand durch Kompromisse in der Verfahrensführung bei der Blechherstellung zu erreichen. Dabei sollen die Walzendtemperaturen ca. 750 Grad Celsius und die Kaltwalzgrade entweder unter 25 % oder über 80 % liegen und mit als für die 25 Zipfeligkeit ungünstig bezeichneten Rekristallisationstemperaturen von über 600 Grad Celsius gearbeitet werden.

Beschrieben wird weiterhin, daß ein Normalisieren nicht im Bund, sondern nur in einer Durchlaufglühe erfolgen kann, weil bei den hohen Temperaturen die Bänder zusammenkleben würden.

Aus der DE-OS 32 34 574 ist ein gattungsgemäßes zum Tiefziehen geeignetes kaltgewalztes Stahlblech 30 oder Stahlband bekannt. Der Titangehalt soll, in Abhängigkeit der Gehalte an Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, auf Werte bis 0,15 % steigen können, die Haspeltemperatur über 700 Grad Celsius oder mindestens jedoch 580 Grad Celsius mit anschließender Warmband-Erwärmung auf über 700 Grad Celsius betragen. Weiterhin wird ein Kaltwalzgrad von 70 - 85 % sowie ein Durchlaufglühen bei 700 - 900 Grad Celsius mit maximal zwei Minuten Haltezeit empfohlen. Hinweise zur Zipfelbildung des Materials 35 werden nicht gegeben.

Die US-PS 4 125 416 offenbart u.a. ein Verfahren bei dem warmeingesetzte Brammen mit Temperaturen oberhalb 830 °C aus legiertem Stahl, der 0,06-0,20 % C, 0,5-2,0 % Mn, 0,30-0,50 % Si sowie Nb und Ti in Mengen von 0,01-0,10% enthalten kann, auf Temperaturen oberhalb 980 °C erwärmt, dann zu Warmband gewalzt und bei 450-650 °C gehaspelt wird.

40 Für die Erzeugung hochfesten Kaltbandes aus diesem Warmband sind C-Gehalte von 0,10-0,11 %, ein Ti-Gehalt von 0,1 % und ein Nb-Gehalt von 0,04 % angegeben. Bei 67 % Umformgrad wird ein hochfestes Kaltband mit einer Streckgrenze größer als 48,1 kg/mm<sup>2</sup> erzeugt, daß anschließend im Bund oder in einer Durchlaufglühe rekristallisierend geglüht wird.

Aus der EP-A1-101 740 wird für einen gattungsgemäßen kaltgewalzten Stahl eine Brammenerwärmungstemperatur kleiner als 1100 Grad Celsius, eine Walzendtemperatur von unter  $A_{r3}$ , Haspeltemperaturen von 320 - 600 Grad Celsius und Kaltwalzgrade von 50 - 95 % sowie rekristallisierendes Durchlaufglühen empfohlen. Dabei soll ein Stahl mit maximal 0,005 % Kohlenstoff, maximal 0,004 % Stickstoff und maximal 0,02 % Niob in Kombination mit einem oder mehreren der Elemente Aluminium, Chrom, Bor oder Wolfram Verwendung finden. Erzielt werden hohe mittlere  $r$ -Werte oberhalb 1,2. Hinweise auf die Zipfeligkeit des 50 Materials nach dem Tiefziehen sind nicht offenbart.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung tiefziehgeeigneter Stähle mit Brammenglühtemperatur kleiner 1100 Grad Celsius, Endwalztemperatur max. 780 Grad Celsius und Haspeltemperaturen von mindestens 450 Grad Celsius sowie Kaltbandglühen im Hauben- oder Durchlaufglühofen sind in der EP-B1-120 976 offenbart. Das Verfahren soll  $r$ -Werte um 2 erzielen; Werte für die Zipfelbildung sind nicht offenbart.

55 Es ist allgemein bekannt, daß Warmband eine gute quasiisotrope Umformbarkeit besitzt, jedoch eine nicht ausreichende Oberflächengüte und zu große Toleranzen aufweist und zudem nicht in Dicken unter 1,2 mm hergestellt wird.

Von daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein zipfelfreies oder zumindest zipfelarmes tiefziehgeeignetes Blech aus Stahlband und ein entsprechendes Herstellverfahren vorzuschlagen, bei dem auf das Durchlaufglühen bei Temperaturen oberhalb A<sub>1</sub> verzichtet, aber trotzdem kostengünstig produziert werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Ansprüche 1, 3 und 5 gelöst.  
Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen erfaßt.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß bei Anwendung der erfindungsgemäßen Brammen-, Glüh-, Walz- und Haspeltemperaturen für den genannten Stahl ein rekristallisierendes Glühen eines Bundes im Haubenofen ausreicht, um dem Stahlband oder dem konfektionierten Stahlblech hervorragende Tiefzieheigenschaften, insbesondere eine extreme Zipfelfarmut, zu geben.

Die üblicherweise beim Stand der Technik für den Stahl St 4 NZ oder RSt 14 durch Normalglühen erreichten Werte der Korngröße von bestenfalls ASTM 8 entsprechend  $490 \mu\text{m}^2$  können durch das erfindungsgemäße Verfahren durch rekristallisierendes Glühen unterschritten werden, wobei zusätzlich niedrige Streckgrenzenwerte beibehalten werden können durch Wahl entsprechender Kaltwalzgrade in Abhängigkeit vom Titangehalt. Dies ergibt den Vorteil, daß auf hohe Investitionen für eine Durchlaufglühe für eine Normalglühbehandlung verzichtet werden kann.

Durch Variation der Zulegierung von Titan in den angegebenen Grenzen läßt sich praktisch jeder gewünschte Kaltwalzgrad für die Erzeugung zipfelfreien Materials einstellen und/oder genauso ebenfalls eine Streckgrenze zwischen 175 und 450 N/mm<sup>2</sup> bei Zugfestigkeiten von 310 bis 520 N/mm<sup>2</sup>.

Eine der Ursachen für die günstigen Eigenschaften des erzeugten Bleches ist in der frühzeitigen Bildung von Titannitrid zu sehen, so daß ein pan-cake-Gefüge während des rekristallisierenden Glühens durch die Aluminium-Nitrid-Ausscheidungen nicht entstehen kann.

Durch die Wahl niedriger Haspeltemperaturen um 520 Grad Celsius wurden überraschend Warmbandqualitäten erzielt, die nach dem Kaltwalzen ein zipfelfreies Material gewährleisteten und eine zusätzliche Kornverfeinerung ermöglichten.

Ein besonderer Vorteil des so hergestellten Warmbandes liegt darin, daß im Grundsatz keinerlei Restriktion hinsichtlich des anschließenden Kaltwalzens besteht, sofern der Kaltwalzgrad mindestens ca. 5 % beträgt, d.h. oberhalb der bekannten kritischen schwachen Kaltverformung bleibt, die beim Rekristallisationsglühen zu grobem Korn führt. Bisher war man bei der Erzeugung annähernd zipfelfreien Kaltbandes an bestimmte Kaltwalzgrade gebunden, sofern nicht normalgeglüht werden sollte.

Es wurde überraschend gefunden, daß zwar ein gewisser Titangehalt in der Stahllegierung unerlässlich ist, um das erfindungsgemäße Verfahren durchführen zu können und erfindungsgemäße Materialeigenschaften zu erzielen, aber diese Verfahrensparameter zumindest hinsichtlich des Kaltwalzgrades dann anzupassen sind, wenn der Stahllegierung das festigkeitssteigernde Element Niob hinzugefügt wird.

Die Variation der Kaltwalzgrade in Abhängigkeit von der Menge des zulegierten Titans ist bei gleichzeitiger Zulegierung von Niob in den angegebenen Grenzen auf Kaltwalzgrade von 45 bis 85 % beschränkt.

Die Zulegierung von Niob behindert nicht die frühzeitige Bildung von Titannitrid, so daß auch bei dieser erfindungsgemäßen Stahllegierung ein pan-cake-Gefüge während des rekristallisierenden Glühens nicht entstehen kann.

Eine gravierende technische und wirtschaftliche Bedeutung der Erfindung liegt in der Verwendung des Feinbleches für rotationssymmetrisch tiefgezogene Teile wie Nadellagerkäfige, Riemenscheibenhälften usw. Das erfindungsgemäße Blech kann in diesen Fällen ohne wesentliche Nacharbeit wie Abschneiden der Zipfel eingesetzt werden. Die Zipfelfarmut verhindert beim Tiefziehen auch das Entstehen sektoraler Wandschwächungen, so daß die gezogenen Teile bei Rotation keine Unwucht aufweisen. Weitere Vorteile zipfelfarmen oder zipfelfreien Kaltbandes sind bekannt, so daß sich eine weitere Beschreibung erübrigt.

Einige Ausführungsbeispiele sollen das Ergebnis des erfindungsgemäßen Verfahrens verdeutlichen.

Aus den erfindungsgemäßen Schmelzen A - D sowie den Vergleichsschmelzen E - F (Tabelle 1) werden Brammen von 210 mm Dicke im Strang vergossen. Nach Erwärmung im Stoßofen auf 1250 Grad Celsius wurde die Bramme zu Warmband von 3 mm Dicke ausgewalzt, gehaspelt und auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Walzendtemperaturen und Haspeltemperaturen zeigt Tabelle 2. Nach dem Beizen wurden Bänder durch Kaltwalzen in unterschiedlichen Stufen von 10 % bis zu 80 % auf Feinblechdicke reduziert und erneut gehaspelt. Das Band wurde im Haubenglühofen der Bauart Fa. Ludwig auf 700 Grad Celsius erwärmt, mit einem Durchsatz von 1,1 t/h bis 1,9 t/h rekristallisierend geglüht und anschließend im Ofen auf 120 Grad Celsius abgekühlt. Nach dem Dressieren mit Umformgraden von 1 - 1,2 % wurde das Band zu Blechtafeln konfektioniert.

Blechenden von 90 bzw. 180 mm Durchmesser wurden mit Ziehstempeln von 50 bzw. 100 mm Durchmesser bei Haltekräften von 50 kN zu Näpfchen tiefgezogen.

Figur 1 zeigt drei verschiedene Näpfchen, die die im folgenden verwendeten Begriffe zipfelig (Fig. 1a), zipfelarm (Fig. 1b) und zipfelfrei (Fig. 1c) definieren sollen, da die Messung der Zipfelhöhe mit den handelsüblichen Zipfelmeßgeräten, insbesondere von zipfelarmen und zipfelfreien Näpfchen mit geringen Höhendifferenzen bereits bei kleinsten Tiefziehgraten auf dem Näpfchenrand problematisch ist.

5 Diese Definition wurde für Figur 10 zur Darstellung der Zipfeligkeit von Näpfchen aus den verschiedenen Schmelzen übernommen. Bestätigt wurde die Erkenntnis, daß der bei 710 Grad Celsius gehaspelte Stahl E nur bei Kaltwalzgraden kleiner ca. 25 % zipfelfrei ist und im Bereich 30 - 50 % Kaltwalzgrad allenfalls als zipfelarm bezeichnet werden kann. Für den Vergleichsstahl F der gemäß Stand der Technik bei 500 Grad Celsius gehaspelt wurde, wurde Zipfeligkeit bei Kaltwalzgraden größer 30 % festgestellt.

10 Die Fotos in den Figuren 8 und 9 belegen dies eindrucksvoll.

Bei Verwendung der erfindungsgemäß gewalzten und geglühten Stähle A - D zeigten die Näpfchen in Abhängigkeit vom Titangehalt bei verschiedenen Kaltwalzgraden ein unterschiedliches Tiefziehergebnis:

Stahl A mit 0,01 % Ti:

Die Näpfchen waren bei Kaltwalzgraden von Epsilon = 30 - 50 % absolut zipfelfrei, während Kaltwalzgrade von 20 % bzw. 60 % nur zipfelarmes Näpfchen-Ziehen ermöglichte.

15 Stahl B mit 0,02 % Ti:

Zipfelfrei bei Epsilon = 10 % sowie 50 - 80 %

Zipfelarm bei Epsilon = 20 %; 40 %

Stähle C1/C2 mit 0,03 % Ti, wobei C1 mit 500 Grad Celsius und C2 mit 450 Grad Celsius gehaspelt wurde:

20 Zipfelfrei bei Epsilon = 10 - 20 % sowie 60 - 80 %

Zipfelarm bei Epsilon = 30 %; 50 %

Stahl D mit 0,04 % Ti:

Zipfelfrei bei Epsilon = 60 - 70 % bzw. 20 %

Zipfelarm bei Epsilon = 15 %, 25 %; 55 %; 80 %

25 Aus dem Vergleich der Kurven für die Stähle A - D lassen sich Tendenzen ablesen, die für Zwischenwerte des Legierungselementes Titan beispielsweise 0,025 % Ti - ausgehend von Stahl B - zipfelfreies Näpfchen-ziehen bei Kaltwalzgraden bis 15 % oder 20 % und bis 85 % erwarten lassen, also eine Kurvenverschiebung nach rechts; bei Werten zwischen 0,01 % und 0,02 % umgekehrt eine Verschiebung der "zipfelfreien" Kaltwalzgrade zu niedrigeren Umformverhältnissen nahelegen.

30 Die zu den Stählen gemäß Figur 10 und Tabelle 1 bzw. 2 korrespondierenden Fotos der Figuren 3 bis 7 von tiefgezogenen Näpfchen veranschaulichen das Ergebnis deutlich.

Überraschend zeigte sich, daß den "zipfelfreien" Umformgraden jeweils ein bestimmtes Zugfestigkeits- und Streckgrenzeniveau zugeordnet werden konnte (Figur 11) und die größte Zipfeligkeit gleichzeitig bei der niedrigsten Streckgrenze/Zugfestigkeit festzustellen war.

35 Beispiel: Stahl B

a) Zipfelfreiheit beim Kaltwalzgrad 10 % - 15 % ➡

Streckgrenzeniveau  $R_{p0,2} = 400 - 350 \text{ N/mm}^2$

40 Zugfestigkeitsniveau  $R_m = 450 - 400 \text{ N/mm}^2$

b) Zipfeligkeit beim Kaltwalzgrad 30 % ➡

$R_{p0,2} = 180 \text{ N/mm}^2$  und  $R_m = 320 \text{ N/mm}^2$

c) Zipfelfreiheit beim Kaltwalzgrad 50 - 80 % ➡

$R_{p0,2} = 250 - 280 \text{ N/mm}^2$  und  $R_m = 360 - 370 \text{ N/mm}^2$

45 Diese Erkenntnis ermöglicht eine bauteil- oder funktionsangepaßte Wahl der Festigkeit für ein und dasselbe Bauteil durch Änderung der Parameter Titangehalt und Kaltwalzgrad.

Tabelle 2 zeigt korrespondierend zu Figur 12 die erfindungsgemäß erzielte Korngröße in ASTM-Einheiten; die erzielbare Kornverfeinerung gegenüber Stählen ohne Titanzusatz nach dem Stand der Technik ist erheblich und reicht bis ASTM 11.

50 Das größte Korn wurde bei geringem Ti-Zusatz und geringem Kaltwalzgrad erzielt (ASTM 7). Vergleichsweise wurden bei den Stählen A - D die Warmband-Werte für die Korngröße (ASTM 9-10) in die Figur 12 aufgenommen.

Für einen Stahl C (Varianten C3 - C5) wurden Versuche mit variabler Haspeltemperatur  $T_h$  und Glühdurchsatz  $P_g$  durchgeführt (Tabelle 3). Während Schwankungen in der Durchsatzmenge des Haubenglühofens von 1,1 - 1,9 t/h sowohl die Korngröße als auch die ebene Anisotropie  $\Delta r$  nicht negativ beeinflussten, hatte eine Erhöhung der Haspeltemperaturen auf 710 Grad Celsius bei annähernd gleichen Walzendtemperaturen eine Kornvergrößerung und eine Verschlechterung der ebenen Anisotropie zur Folge.

Die Figuren 2a, 2b, 2c zeigen entsprechende Ergebnisse an Näpfchen aus 180 mm-Ronden, die mit 100 mm-Stempeln bei 50 kN Rückhalterkraft tiefgezogen wurden.

In Tabelle 1 sind auch die Schmelzanalysen des erfindungsgemäß bei dem Verfahren einzusetzenden Stahles G mit 0,01 % Titan, H mit 0,02 % Titan und I mit 0,03 % Titan bei 0,05 % bzw. 0,06 % Niobzugabe aufgeführt, dazu wurde ein Vergleichsstahl K mit 0,05 % Niobzugabe, aber ohne Titangehalt aufgeführt.  
 Aus den erfindungsgemäßen Schmelzen G - I sowie der Vergleichsschmelze K wurden Brammen von 220 mm Dicke im Strang vergossen. Nach Erwärmung im Stoßofen auf 1250 Grad Celsius wurde die Bramme zu Warmband von 4 mm Dicke ausgewalzt und gehaspelt sowie auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Walzendtemperatur betrug 880 Grad Celsius und die Haspeltemperatur 510 Grad Celsius. Nach dem Beizen wurden die Bänder durch Kaltwalzen in unterschiedlichen Stufen von 10 bis 80 % auf Feinblechdicke reduziert und erneut gehaspelt. Nach dem Haspeln wurde das festgewickelte Band im Haubenglühofen der Bauart Fa. Ludwig auf 700 Grad Celsius erwärmt und bei Durchsatzraten von 1,1 Tonnen bzw. 1,8 Tonnen pro Stunde rekristallisierend geglüht, anschließend im Haubenglühofen auf 120 Grad Celsius abgekühlt. Nach dem Dressieren mit einem Umformgrad von 1,1 % wurde das Band zu Blechtafeln konfektioniert. Blechronden von 90 mm Durchmesser wurden mit Ziehstempeln von 50 mm Durchmesser zu Näpfchen tiefgezogen (Figuren 13 - 16).

Für den Vergleichsstahl K, der in der Legierung kein Titan enthält, ansonsten zu der gattungsgemäßen Stahlsorte gehört, zeigt Fig. 16 deutlich, daß bei keinem der erprobten Kaltwalzgrade zipfelfreies Tiefziehen möglich war.

Bei Verwendung der erfindungsgemäß gewalzten und geglühten Stähle G bis I zeigten die Näpfchen in Abhängigkeit vom Titangehalt bei verschiedenen Kaltwalzgraden ein geringfügig unterschiedliches Tiefziehergebnis:

Stahl G mit 0,01 % Titan (Fig. 13):

Die Näpfchen waren bei Kaltwalzgraden von Epsilon = 45 bis 85 % in der Kategorie zipfelarm und bei etwa 60 bis 80 % Kaltwalzgraden sogar zipfelfrei.

Stahl H mit 0,02 % Titan (Fig. 14):

Zipfelarm im Bereich Epsilon = 55 bis 85 % fast zipfelfrei im Bereich von 60 bis 75 %.

Stahl I mit 0,03 % Titan (Fig. 15):

Zipfelarm im Bereich von 60 bis 70 % Kaltwalzgraden.

Bei den erfindungsgemäß hergestellten Stählen konnten beispielsweise bei einem Titangehalt von 0,01 % am tiefziehfertigen Blech Streckgrenz- und Zugfestigkeitswerte festgestellt werden, die um mehr als 50 N/mm<sup>2</sup> über den Kennwerten des nur titanlegierten Materials lagen.

Die in Tabelle 1 aufgeführten erfindungsgemäßen Schmelzen L bzw. M mit Phosphorgehalten an der oberen Analysengrenze wurden behandelt wie die Stähle A - F. Die Haspeltemperatur betrug 510 bzw. 500 Grad Celsius. Bei einem Kaltwalzgrad von 66 % wurde die Konstanz der Ergebnisse über die gesamte Bandlänge geprüft, um die Effektivität des Bandglühens zu bestätigen. Die Näpfchen aus dem Tiefziehversuchen sind in Fig. 17 bzw. 18 dargestellt. Sie zeigen, daß zipfelfreies Material sowohl am Bandanfang (Position 0) als auch nach jedem weiteren Viertel der Bandlänge bis zum Bandende (Position 1) erzeugt wurde.

Tabelle 1  
-----  
Schmelzanalyse  
(Werte in Gewichtsprozenten)

| Stahl | C     | Si    | Mn   | P     | S     | Al    | N      | Ti    | Nb   | Bemerkungen | Figur |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------------|-------|
| A     | 0,046 | 0,02  | 0,17 | 0,009 | 0,011 | 0,022 | 0,0025 | 0,01  | -    |             | 3     |
| B     | 0,044 | 0,025 | 0,25 | 0,013 | 0,005 | 0,054 | 0,0032 | 0,02  | -    |             | 4     |
| C     | 0,048 | 0,03  | 0,24 | 0,014 | 0,006 | 0,051 | 0,0034 | 0,03  | -    |             | 2,5,6 |
| D     | 0,03  | 0,03  | 0,20 | 0,012 | 0,005 | 0,078 | 0,0050 | 0,04  | -    |             | 7     |
| E     | 0,04  | 0,02  | 0,25 | 0,020 | 0,015 | 0,061 | 0,0033 | -     | -    | Vergleich   | 8     |
| F     | 0,04  | 0,03  | 0,25 | 0,008 | 0,007 | 0,065 | 0,0047 | -     | -    | Vergleich   | 9     |
| G     | 0,08  | 0,06  | 0,58 | 0,015 | 0,008 | 0,043 | 0,0038 | 0,01  | 0,05 |             | 13    |
| H     | 0,08  | 0,10  | 0,54 | 0,010 | 0,002 | 0,046 | 0,0039 | 0,02  | 0,05 |             | 14    |
| I     | 0,08  | 0,09  | 0,56 | 0,015 | 0,005 | 0,049 | 0,0046 | 0,03  | 0,06 |             | 15    |
| K     | 0,06  | 0,40  | 1,11 | 0,018 | 0,006 | 0,043 | 0,0039 | -     | 0,05 | Vergleich   | 16    |
| L     | 0,04  | 0,04  | 0,22 | 0,077 | 0,011 | 0,073 | 0,005  | 0,03  | -    |             | 17    |
| M     | 0,06  | 0,04  | 0,78 | 0,068 | 0,011 | 0,047 | 0,007  | 0,025 | -    |             | 18    |

Tabelle 2

| Stahl | Tw °C | Th °C | K min / max | Figur |
|-------|-------|-------|-------------|-------|
| A     | 860   | 490   | 10 / 7      | 3     |
| B     | 870   | 500   | 11 / 9      | 4     |
| C1    | 870   | 500   | 11 / 9      | 5     |
| C2    | 880   | 450   | 11 / 9      | 6     |
| D     | 890   | 430   | 11 / 9      | 7     |
| E     | 900   | 710   | 9 / 4       | 8     |
| F     | 890   | 500   | 9 / 6       | 9     |

Tabelle 3

| Stahl | Tw °C | Th °C | Pg t/h | K      | $\Delta r$ min / max | Figur |
|-------|-------|-------|--------|--------|----------------------|-------|
| C3    | 880   | 520   | 1,1    | 9 - 10 | -0,07/ + 0,06        | 2a    |
| C4    | 915   | 540   | 1,9    | 9 - 10 | -0,04/ + 0,08        | 2b    |
| C5    | 870   | 710   | 1,9    | 8 - 9  | + 0,09/ + 0,17       | 2c    |

In Tabelle 2 und 3 bedeuten

Tw Walzendtemperatur

Th Haspeltemperatur

K Korngröße nach ASTM

Pg Glühdurchsatz

$\Delta r$  ebene Anisotropie

### 30 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten Bleches oder Bandes mit guter quasi-isotroper Umformbarkeit aus Stahl mit folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:

0,03 - 0,08 % Kohlenstoff

max. 0,40 % Silizium

0,10 bis 1,0 % Mangan

max. 0,08 % Phosphor

max. 0,02 % Schwefel

max. 0,009 % Stickstoff

0,015 bis 0,08 % Aluminium

0,01 bis 0,04 % Titan

max. 0,15 % von einem oder mehreren der Elemente aus der Gruppe Kupfer, Vanadium, Nickel

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,

bei dem die Bramme auf oberhalb 1120 Grad Celsius erwärmt und zu Warmband bei einer Walzendtemperatur oberhalb des  $A_3$ -Punktes ausgewalzt und bei  $520 \pm 100$  Grad Celsius gehaspelt und nach dem Kaltwalzen rekristallisierend im Bund geglüht wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten Bleches oder Bandes gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es in Abhängigkeit vom Titangehalt mit nachstehenden Umformgraden (Epsilon) kaltgewalzt wird:

ca. 0,01 % Titan: Epsilon 20 - 60 %, vorzugsweise 30 - 50 %

ca. 0,02 % Titan: Epsilon 5 - 20 %, vorzugsweise 10 - 15 % oder Epsilon 40 - 85 %, vorzugsweise 50 - 80 %

ca. 0,03 % Titan: Epsilon 5 - 25 %, vorzugsweise 10 - 20 % oder

Epsilon 50 - 85 %,   
 vorzugsweise 60 - 80 %   
 ca. 0,04 % Titan: Epsilon 15 - 25 %,   
 vorzugsweise 20 % oder   
 Epsilon 55 - 80 %,   
 vorzugsweise 60 - 70 %

und anschließend bei Temperaturen unterhalb  $A_1$  rekristallisierend geglüht und danach mit einem Umformgrad von ca. 1 % dressiert wird.

3. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten Bleches oder Bandes mit guter quasi-isotroper Umformbarkeit aus Stahl mit folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:

0,03 - 0,08 % Kohlenstoff

max. 0,40 % Silizium

0,10 bis 1,0 % Mangan

max. 0,08 % Phosphor

max. 0,02 % Schwefel

max. 0,009 % Stickstoff

0,015 bis 0,08 % Aluminium

0,01 bis 0,04 % Titan

max. 0,15 % von einem oder mehreren der Elemente aus der Gruppe Kupfer, Vanadium, Nickel

0,01 bis 0,06 % Niob

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,

bei dem die Bramme auf oberhalb 1120 Grad Celsius erwärmt und zu Warmband bei einer Walzendtemperatur oberhalb des  $A_3$ -Punktes ausgewalzt und bei  $520 \pm 100$  Grad Celsius gehaspelt, dann in

Abhängigkeit vom Titangehalt mit nachstehenden Umformgraden (Epsilon) kaltgewalzt wird:

ca. 0,01 % Titan: Epsilon 45 bis 85 %

ca. 0,02 % Titan: Epsilon 55 bis 85 %

ca. 0,03 % Titan: Epsilon 60 bis 70 %

und anschließend bei Temperaturen unterhalb  $A_1$  rekristallisierend im Bund geglüht und danach mit einem Umformgrad von ca. 1 % dressiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl nach dem Kaltwalzen im Festbund geglüht wird.

5. Zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band aus Stahl in der angegebenen Zusammensetzung und hergestellt nach einem der in den Ansprüchen 1 bis 4 angegebenen Verfahren, gekennzeichnet durch ein rekristallisiertes Gefüge mit einer Ferritkorngröße feiner als ASTM 7 für einen Titangehalt von 0,01 % und feiner als ASTM 9 für Titangehalte von 0,015 bis 0,04 %.

6. Zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Titangehalt mindestens dem 3,5-fachen des Stickstoffgehaltes entspricht.

7. Verwendung eines gemäß einem der Verfahren nach Anspruch 1 bis 4 hergestellten Bleches oder Bandes für das zipfelarme Tiefziehen vorzugsweise von rotationssymmetrischen Teilen.

8. Verwendung eines Stahles gemäß Anspruch 1 oder 3 für die Herstellung tiefgezogener, vorzugsweise rotationssymmetrischer Teile.

## Claims

1. Method of producing a cold-rolled sheet or strip from steel, having good quasi-isotropic deformability and having the following composition in percentages by weight:

0.03 - 0.08 % carbon

max. 0.40 % silicon

0.10 to 1.0 % manganese

max. 0.08 % phosphorus

max. 0.02 % sulphur

max. 0.009 % nitrogen



0.015 to 0.08 % aluminium

0.01 to 0.04 % titanium

max. 0.15 % of one or more of the elements from the group copper, vanadium, nickel

remainder: iron and inevitable impurities,

5 wherein the slab is heated to above 1120 degrees Celsius, rolled out to form a hot strip at a final rolling temperature above the  $A_3$  point, wound on a reel at  $520 \pm 100$  degrees Celsius and annealed in a recrystallising manner in the coil after the cold-rolling process.

2. Method of producing a cold-rolled sheet or strip according to claim 1, characterised in that it is cold-rolled in dependence on the titanium content with the following degrees of deformation (epsilon):

approx. 0.01 % titanium: epsilon 20 - 60 %, preferably 30 - 50 %

approx. 0.02 % titanium: epsilon 5 - 20 %, preferably 10 - 15 % or  
15 epsilon 40 - 85 %, preferably 50 - 80 %

approx. 0.03 % titanium: epsilon 5 - 25 %, preferably 10 - 20 % or  
20 epsilon 50 - 85 %, preferably 60 - 80 %

approx. 0.04 % titanium: epsilon 15 - 25 %, preferably 20 % or  
epsilon 55 - 80 %, preferably 60 - 70 %

25 and subsequently annealed in a recrystallising manner at temperatures below  $A_1$  and thereafter finished with a degree of deformation of approx. 1 %.

3. Method of producing a cold-rolled sheet or strip from steel, having good quasi-isotropic deformability and having the following composition in percentages by weight:

30 0.03 - 0.08 % carbon

max. 0.40 % silicon

0.10 to 1.0 % manganese

max. 0.08 % phosphorus

max. 0.02 % sulphur

35 max. 0.009 % nitrogen

0.015 to 0.08 % aluminium

0.01 to 0.04 % titanium

max. 0.15 % of one or more of the elements from the group copper, vanadium, nickel

0.01 to 0.06 % niobium

40 remainder: iron and inevitable impurities,

wherein the slab is heated to above 1120 degrees Celsius, rolled out to form a hot strip at a final rolling temperature above the  $A_3$  point and wound on a reel at  $520 \pm 100$  degrees Celsius, then it is cold-rolled in dependence on the titanium content with the following degrees of deformation (epsilon):

approx. 0.01 % titanium: epsilon 45 to 85 %, 45

approx. 0.02 % titanium: epsilon 55 to 85 %, 45

approx. 0.03 % titanium: epsilon 60 to 70 %, 45

and subsequently annealed in a recrystallising manner at temperatures below  $A_1$  in the coil and thereafter finished with a degree of deformation of approx. 1 %.

50 4. Method according to one of claims 1 to 3, characterised in that the steel is annealed in the fixed coil after the cold-rolling process.

5. Sheet or strip, formed from steel in the above-mentioned composition, which is suitable for deep-drawing and is produced according to a method mentioned in claims 1 to 4, characterised by a recrystallised structure having a ferrite particle size finer than ASTM 7 for a titanium content of 0.01 % and finer than ASTM 9 for titanium contents of 0.015 to 0.04 %.

6. Sheet or strip which is suitable for deep-drawing according to claim 5, characterised in that the titanium content corresponds to at least 3.5 times the nitrogen content.
7. Use of a sheet or strip, which has been produced according to one of the methods according to claims 1 to 4, for the low-peak deep-drawing of, preferably, rotationally symmetrical parts.
8. Use of a steel according to claim 1 or 3 for the production of deep-drawn, preferably rotationally symmetrical parts.

## 10 Revendications

1. Procédé de fabrication d'une tôle ou d'une bande, laminée à froid, présentant une bonne aptitude à la déformation quasi-isotrope, en un acier présentant la composition suivante, en pourcentages en poids :  
 0,03 - 0,08 % de carbone  
 au maximum 0,40% de silicium  
 0,10 à 1,0% de manganèse  
 au maximum 0,08% de phosphore  
 au maximum 0,02% de soufre  
 au maximum 0,009% d'azote  
 0,015 à 0,08% d'aluminium  
 0,01 à 0,04% de titane  
 au maximum 0,15% d'un ou plusieurs des éléments choisis dans le groupe constitué par le cuivre, le vanadium et le nickel  
 le reste étant constitué par du fer et par les impuretés inévitables,  
 procédé suivant lequel la brique est chauffée à une valeur dépassant 1120 degrés Celsius, et est laminée à chaud en un feuillard à une température finale de laminage dépassant le point  $A_{r3}$ , et est bobinée à  $520 \pm 100$  degrés Celsius, et, après le laminage à froid, est soumise à un recuit de recristallisation dans la bobine.
2. Procédé de fabrication d'une tôle ou d'une bande, laminée à froid, selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'elle est laminée à froid en fonction de la teneur en titane avec les taux de déformation ci-après (epsilon) :  
 environ 0,01% de titane : epsilon 20 - 60%,  
 de préférence 30 - 50% ;  
 environ 0,02% de titane : epsilon 5 - 20%,  
 de préférence 10 - 15%, ou  
 epsilon 40 - 85%,  
 de préférence, 50 - 80% ;  
 environ 0,03% de titane : epsilon 5 - 25%,  
 de préférence 10 - 20%, ou  
 epsilon 50 - 85%,  
 de préférence 60 - 80% ;  
 environ 0,04% de titane : epsilon 15 - 25%,  
 de préférence 20%, ou  
 epsilon 55 - 80%,  
 de préférence 60 - 70% ;  
 puis soumise à un recuit de recristallisation à des températures inférieures à  $A_1$ , et, ensuite, soumise à un dressage avec un taux de déformation d'environ 1%.
3. Procédé de fabrication d'une tôle ou d'une bande, laminée à froid, présentant une bonne aptitude à la déformation quasi-isotrope, à partir d'un acier présentant la composition suivante en pourcentages en poids :  
 0,03 - 0,08% de carbone  
 au maximum 0,40% de silicium  
 0,10 à 1,0% de manganèse  
 au maximum 0,08% de phosphore  
 au maximum 0,02% de soufre  
 au maximum 0,009% d'azote

0,015 à 0,08% d'aluminium

0,01 à 0,04% de titane

au maximum 0,15% d'un ou plusieurs des éléments choisis dans le groupe constitué par le cuivre, le vanadium, le nickel

5 0,01 à 0,06% de niobium

le reste étant constitué par du fer et par les impuretés inévitables,

procédé suivant lequel la brique est chauffée à une température dépassant 1120 degrés Celsius et laminée à chaud en un feuillard à une température finale de laminage dépassant le point  $A_3$  et bobinée à une température de  $520 \pm 100$  degrés Celsius, puis est laminée à froid en fonction de la

10 teneur en titane avec les taux de déformation suivants (epsilon) :

environ 0,01% de titane : epsilon 45 à 85%

environ 0,02% de titane : epsilon 55 à 85%

environ 0,03% de titane : epsilon 60 à 70%

15 puis soumise à un recuit de recristallisation dans la bobine à des températures inférieures à  $A_1$ , et ensuite, soumise à un dressage avec un taux de déformation d'environ 1%.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'acier est soumis à un recuit dans la bobine serrée après le laminage à froid.

20 5. Tôle ou bande appropriée pour l'emboutissage profond, en un acier ayant la composition indiquée et fabriquée conformément à l'un des procédés indiqués dans l'une des revendications 1 à 4, caractérisée par une structure recristallisée présentant une grosseur de grain de ferrite inférieure à ASTM 7 pour une teneur en titane de 0,01%, et inférieure à ASTM 9 pour des teneurs en titane de 0,015 à 0,04%.

25 6. Tôle ou bande appropriée pour l'emboutissage profond, selon la revendication 5, caractérisée par le fait que la teneur en titane correspond au moins à 3,5 fois la teneur en azote.

30 7. Utilisation d'une tôle ou d'une bande fabriquée conformément à l'un des procédés tel que définis à l'une des revendications 1 à 4, pour l'emboutissage profond sans formation d'oreilles, de préférence, de pièces à symétrie de rotation.

8. Utilisation d'un acier tel que défini à l'une des revendications 1 ou 3, pour la fabrication de pièces ayant été soumises à un emboutissage profond, de préférence à symétrie de rotation.

35

40

45

50

55

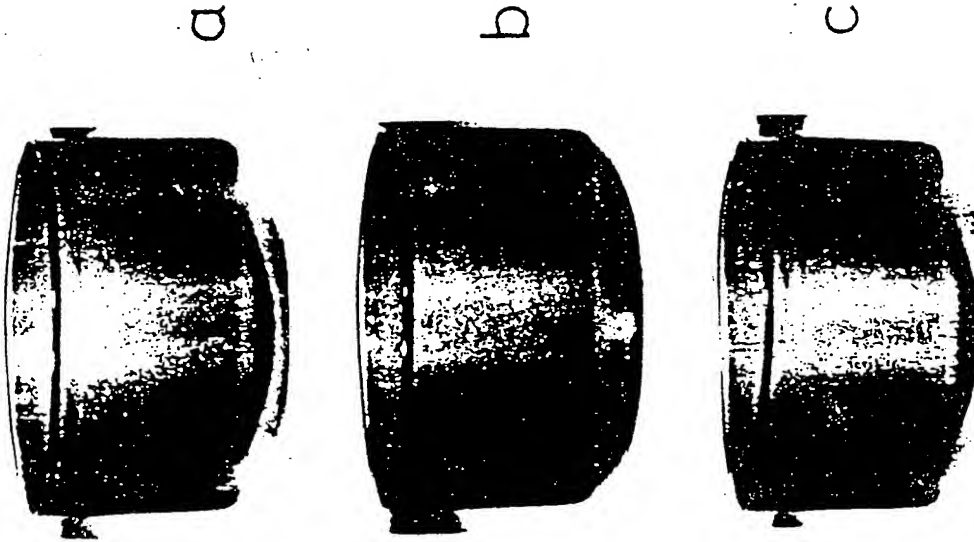


FIG.2

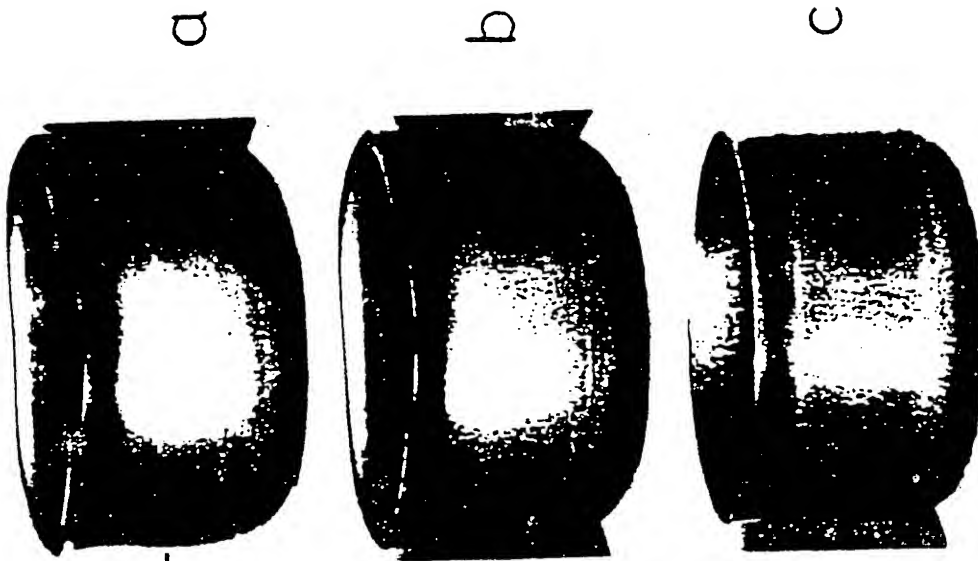


FIG.1

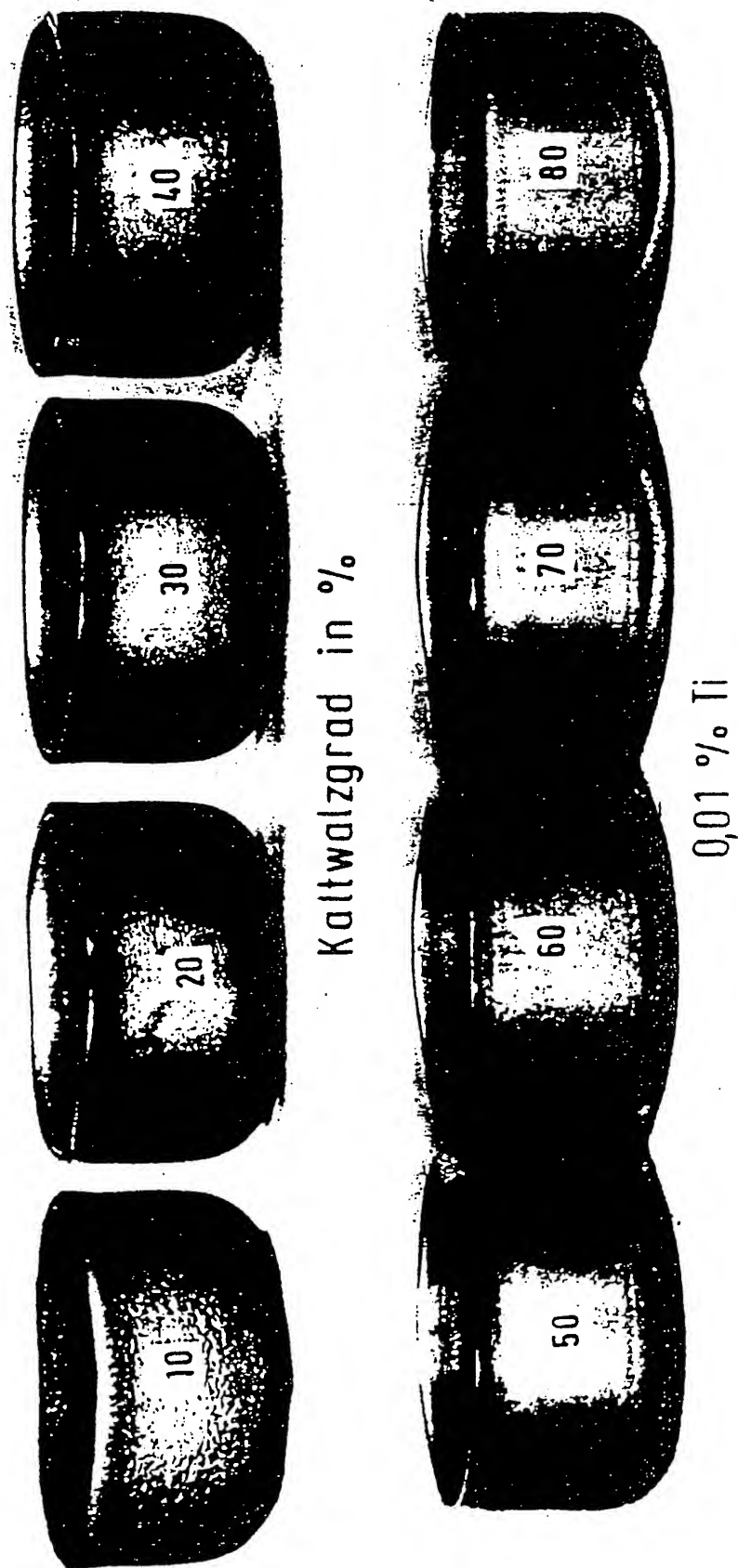


FIG. 3

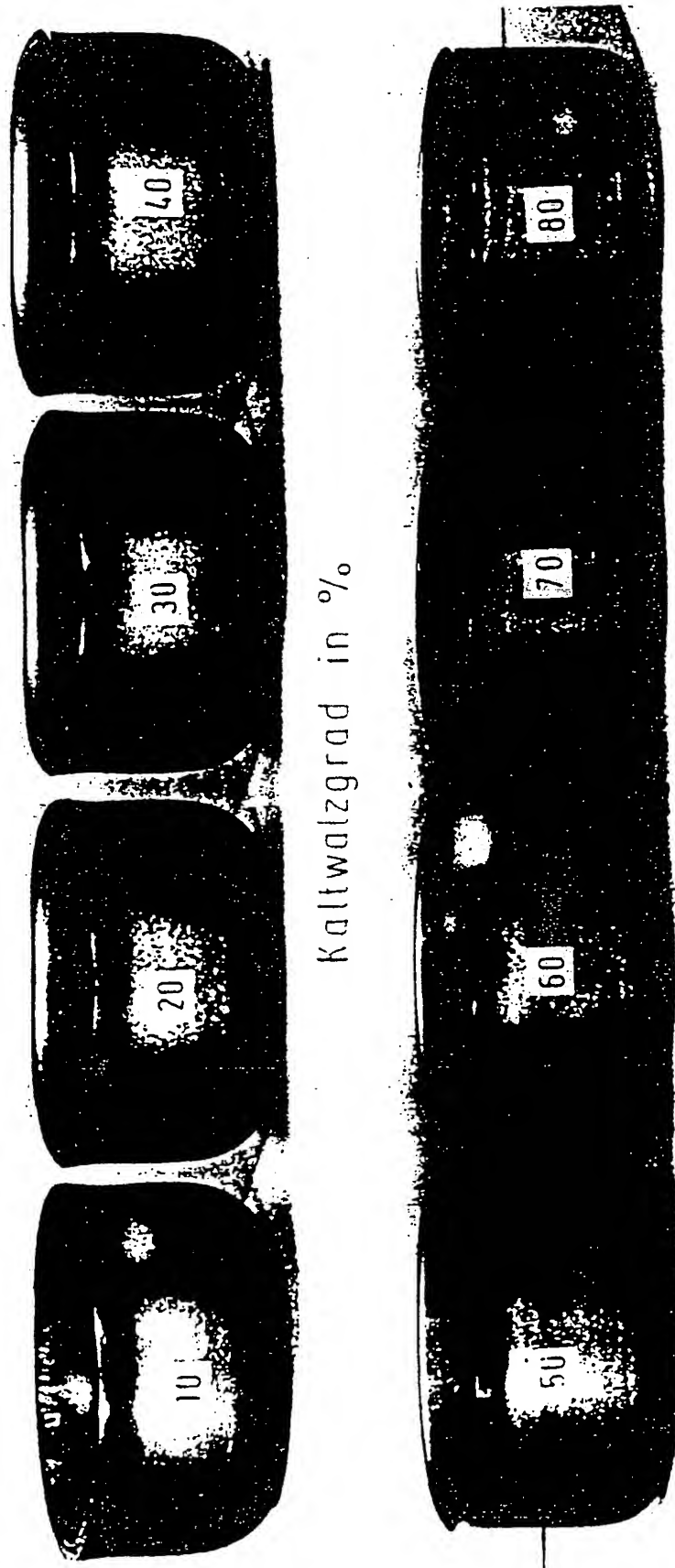


FIG. 4

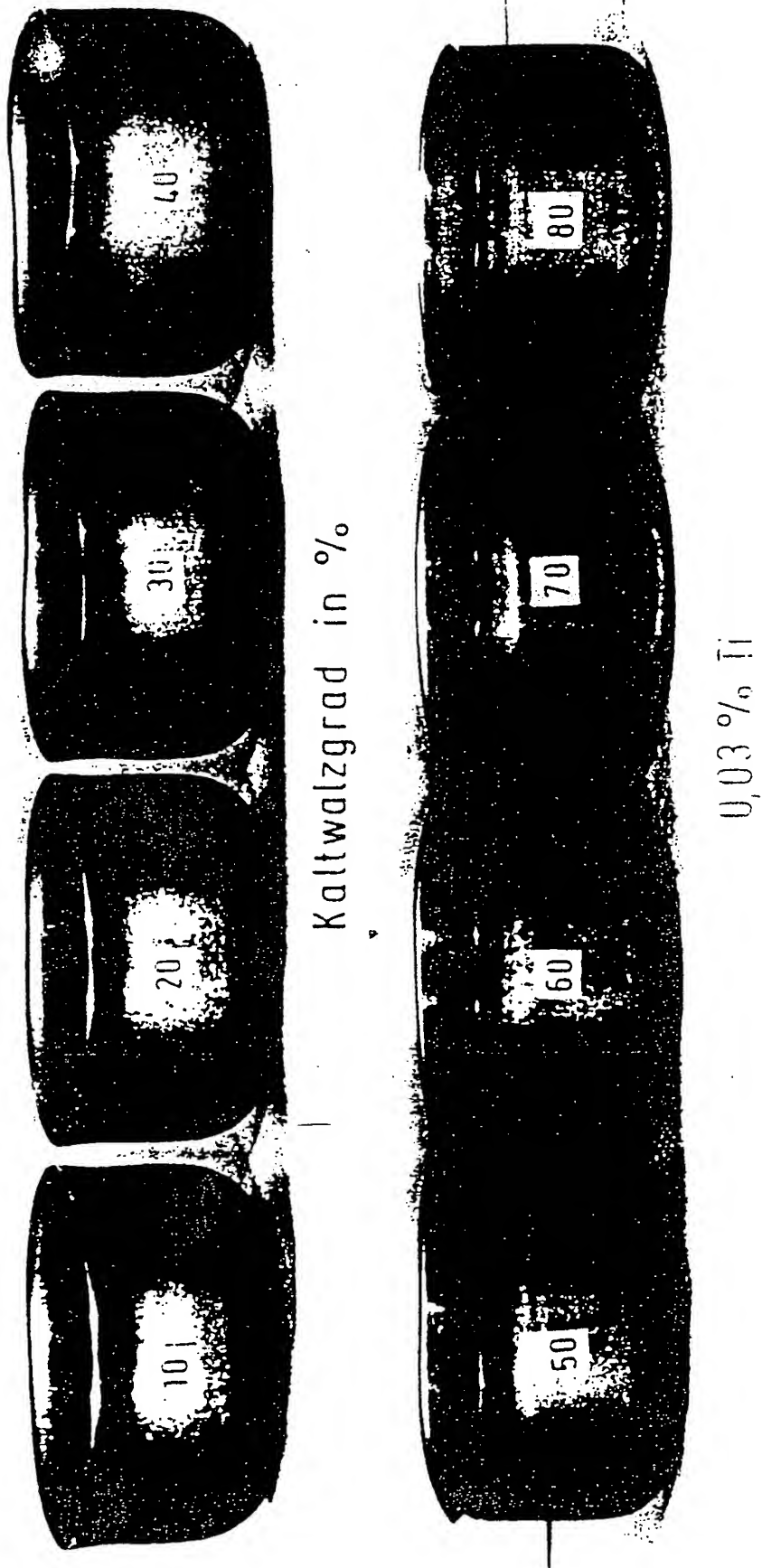


FIG.5



Kaltwalggrad in %



0,03 % Ti

FIG. 6



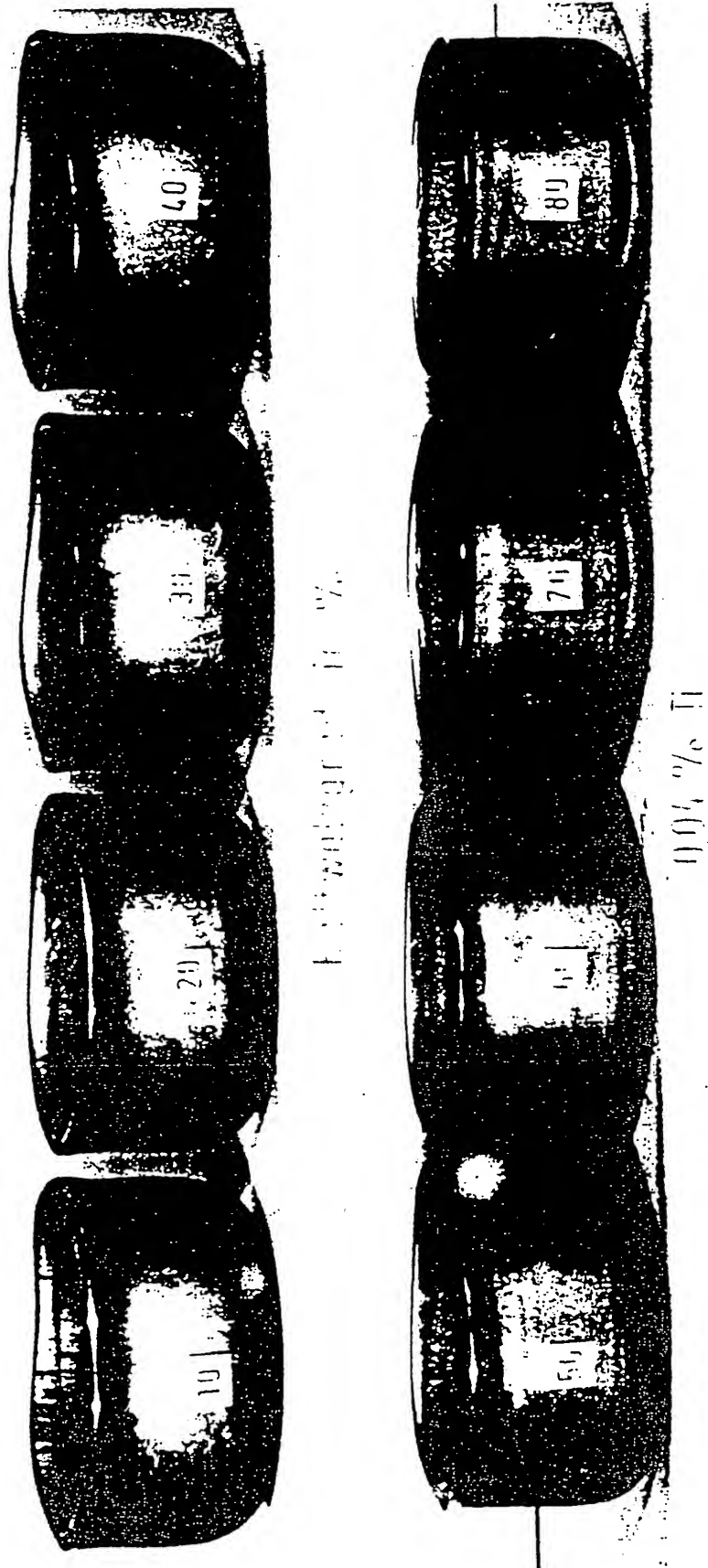


FIG. 7

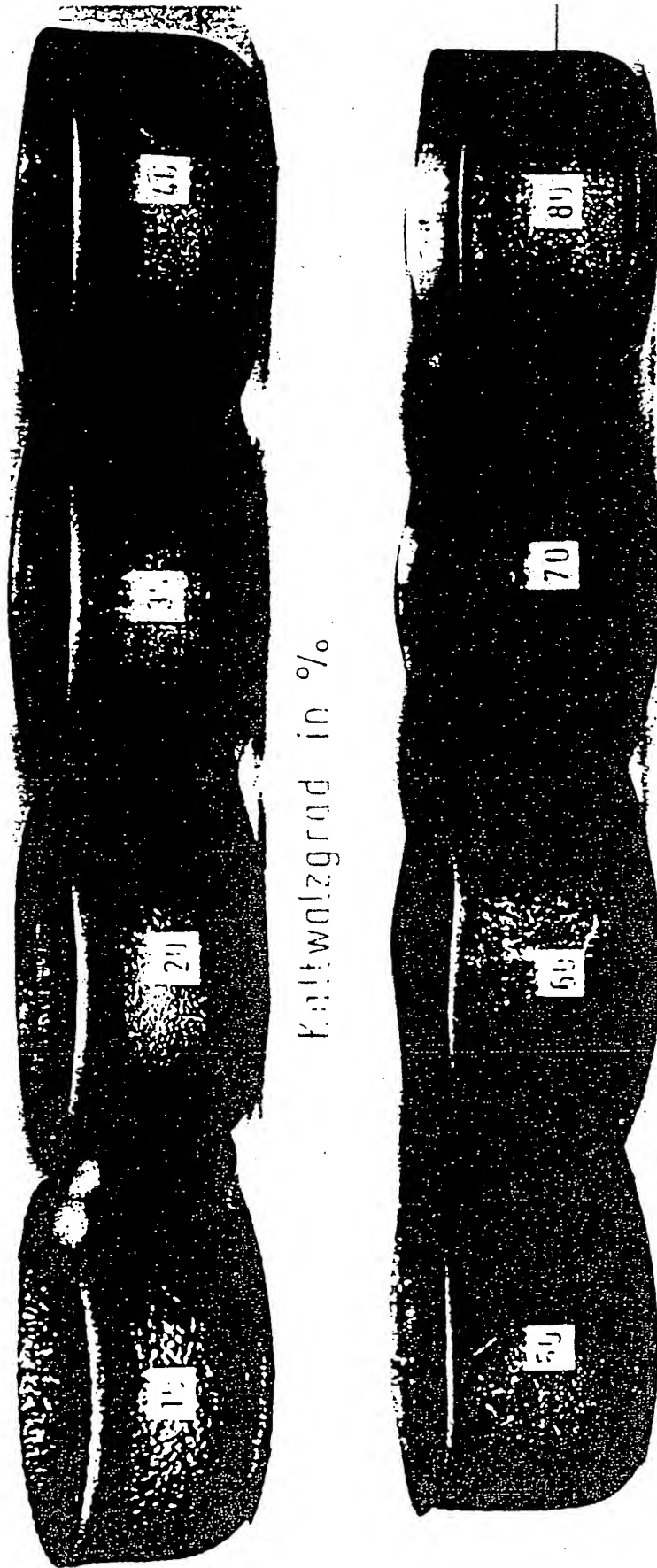


FIG. 8

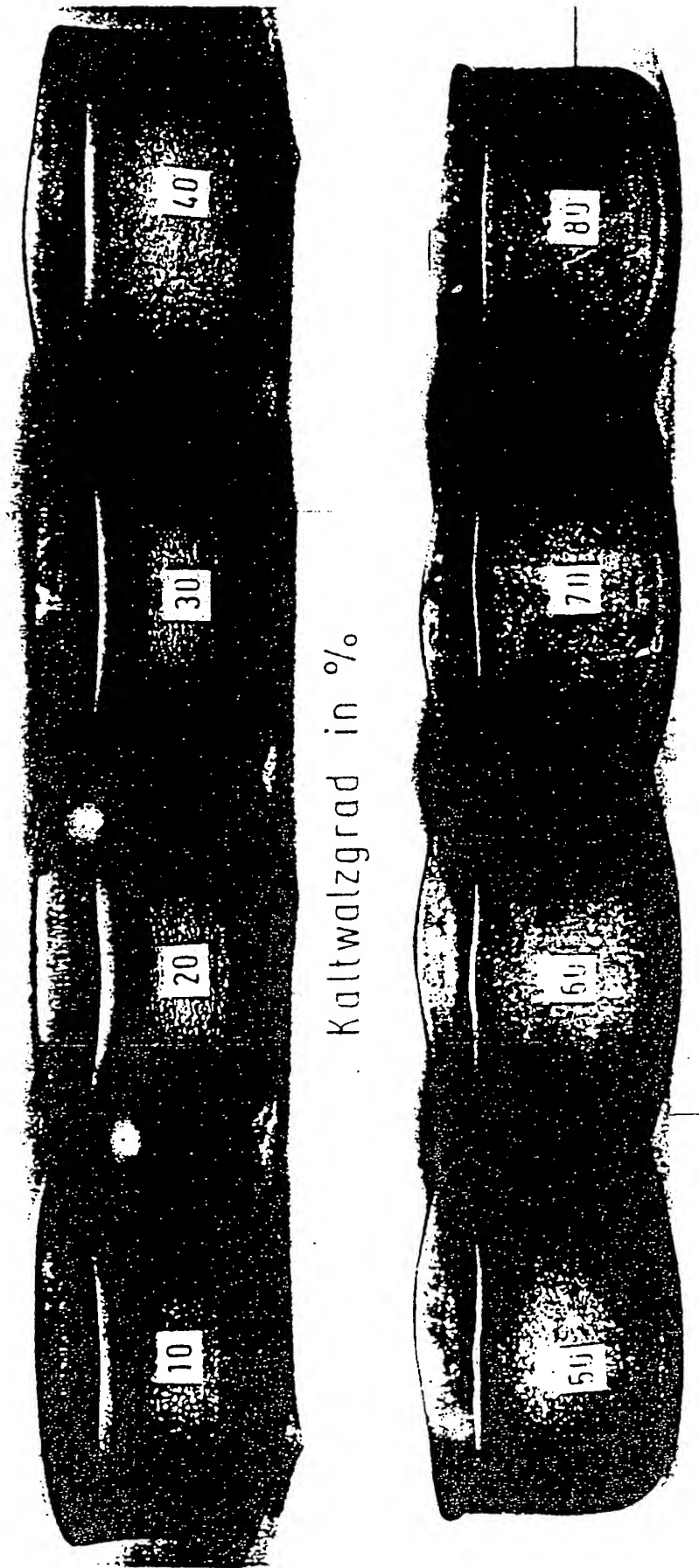
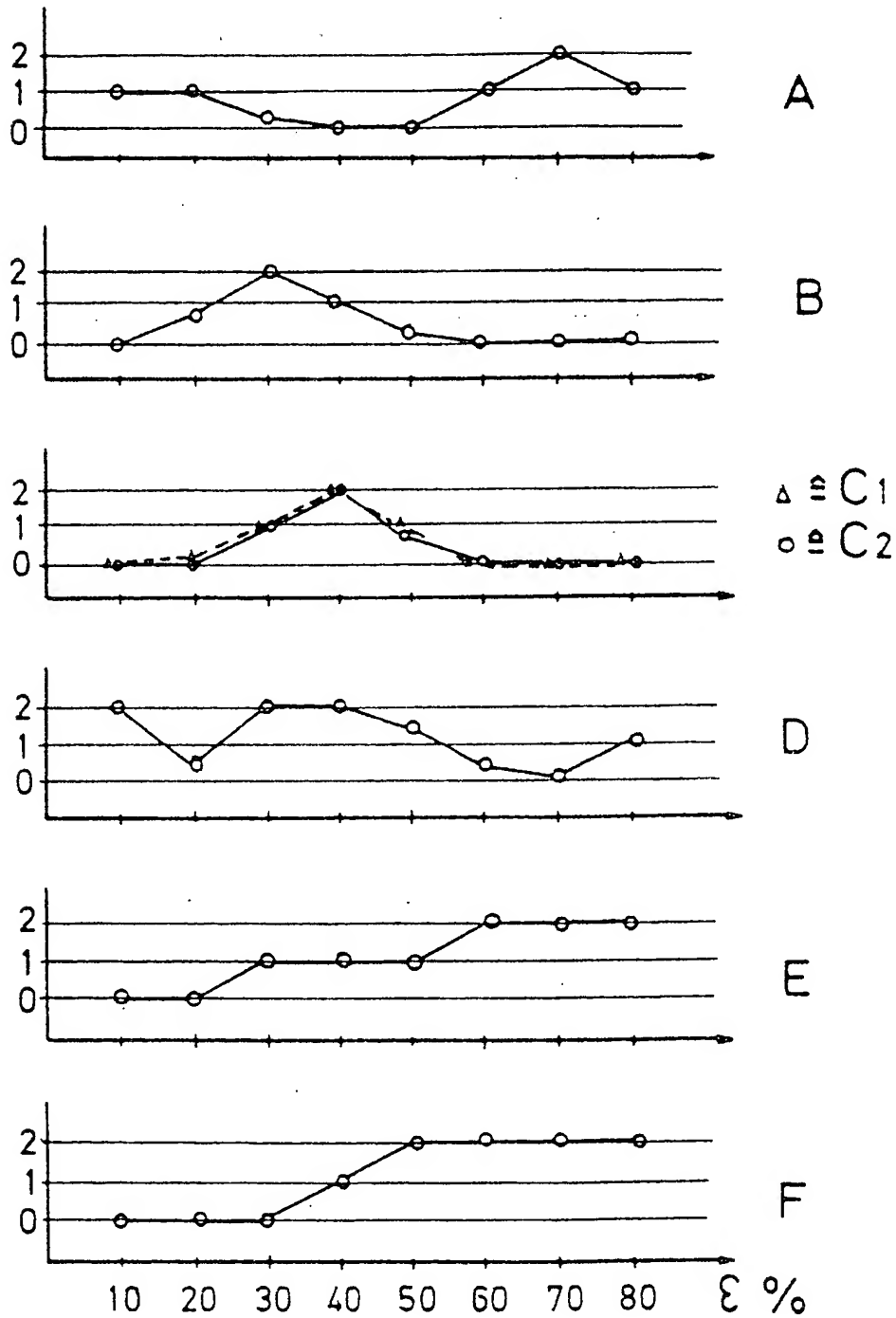


FIG. 9

Fig. 10

Legierung

0 ≐ zipfelfrei, 1 ≐ zipfelarm, 2 ≐ zipfelig

Fig.11

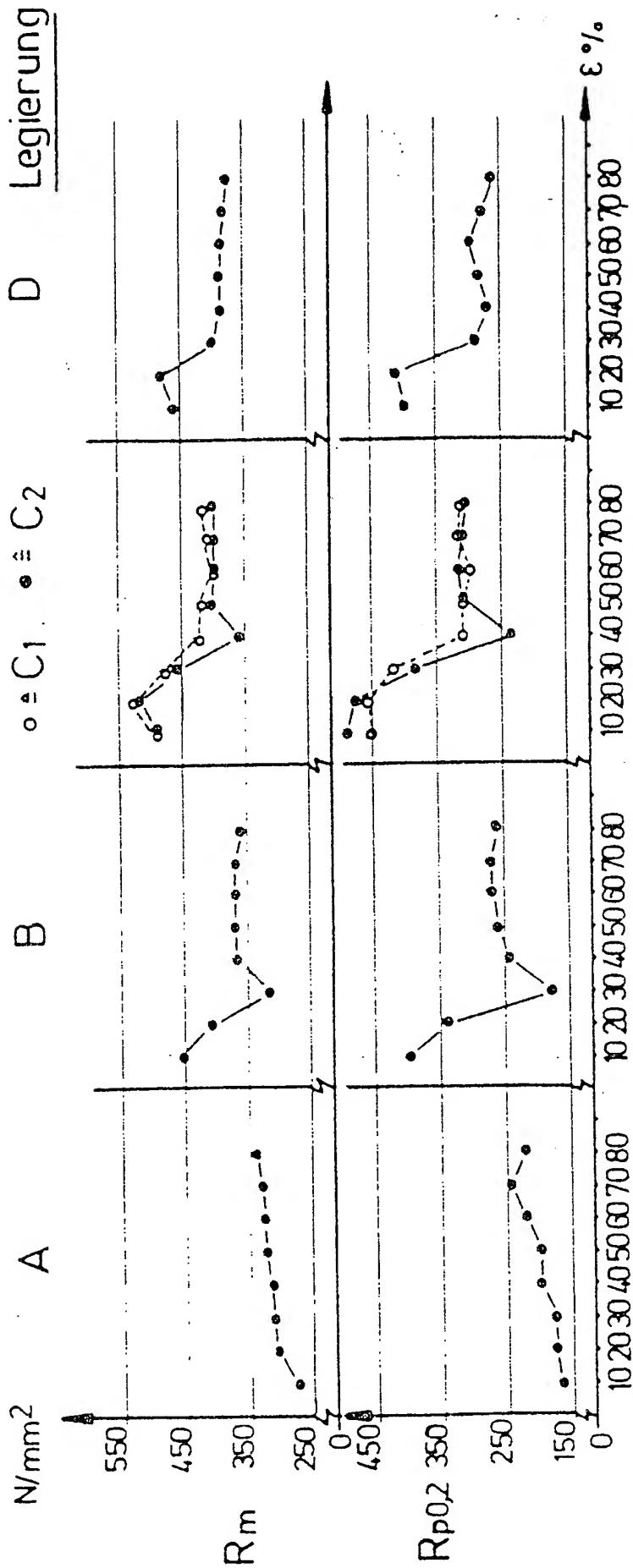
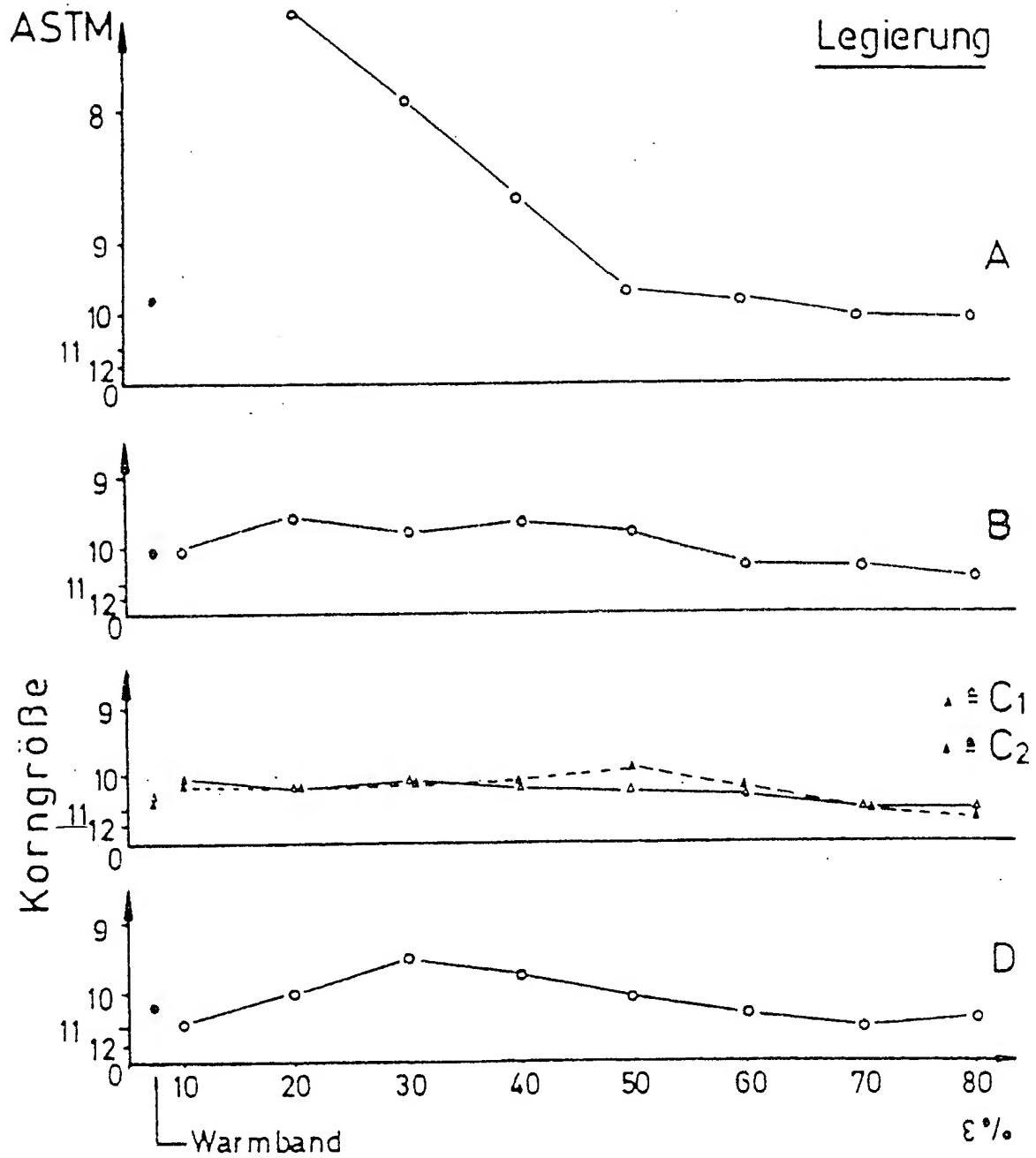


Fig. 12



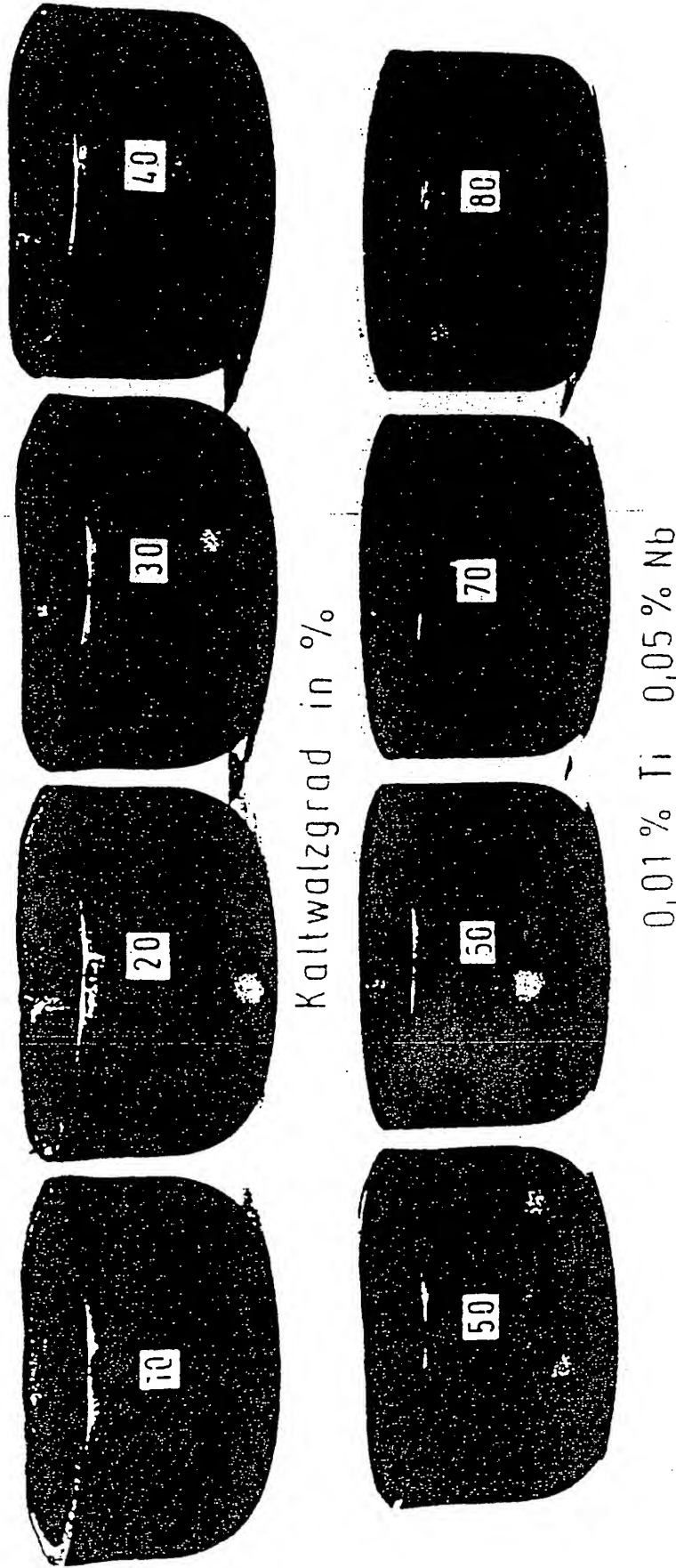


FIG.13

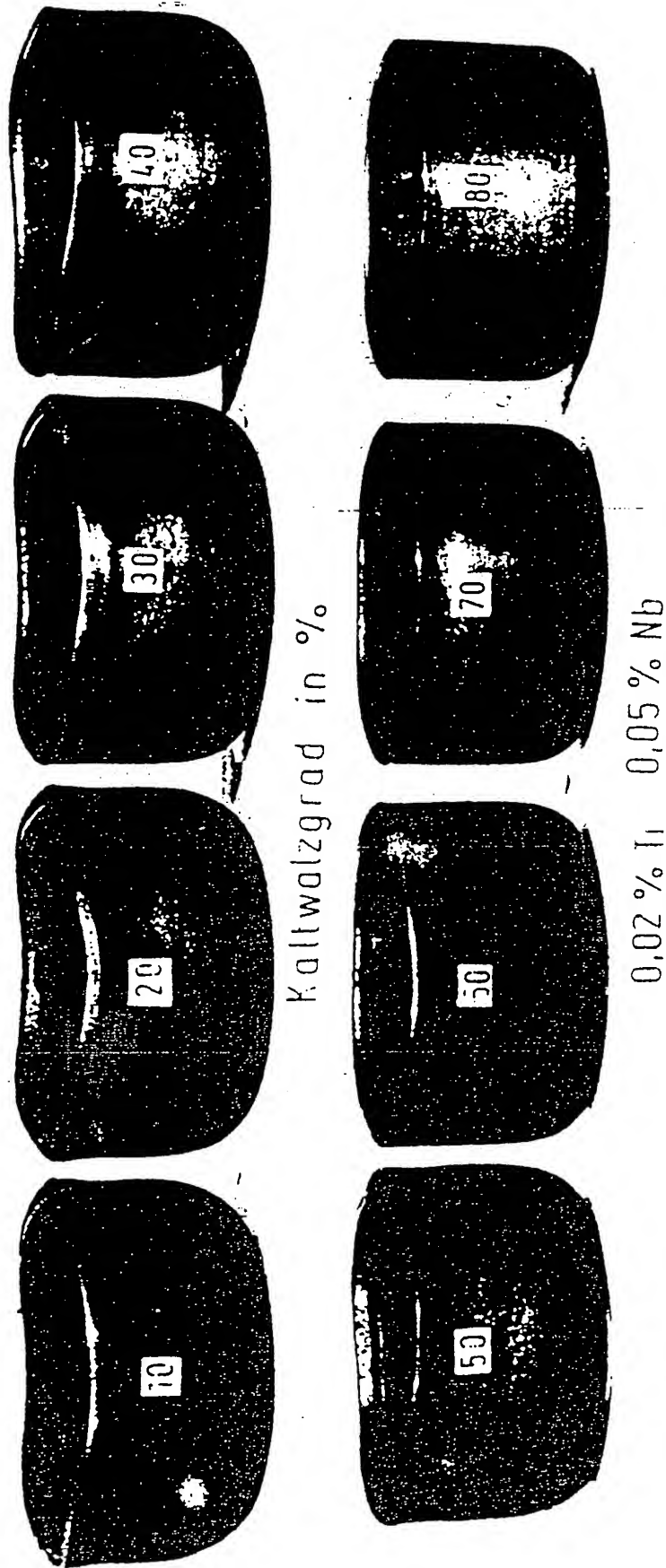


FIG. 14



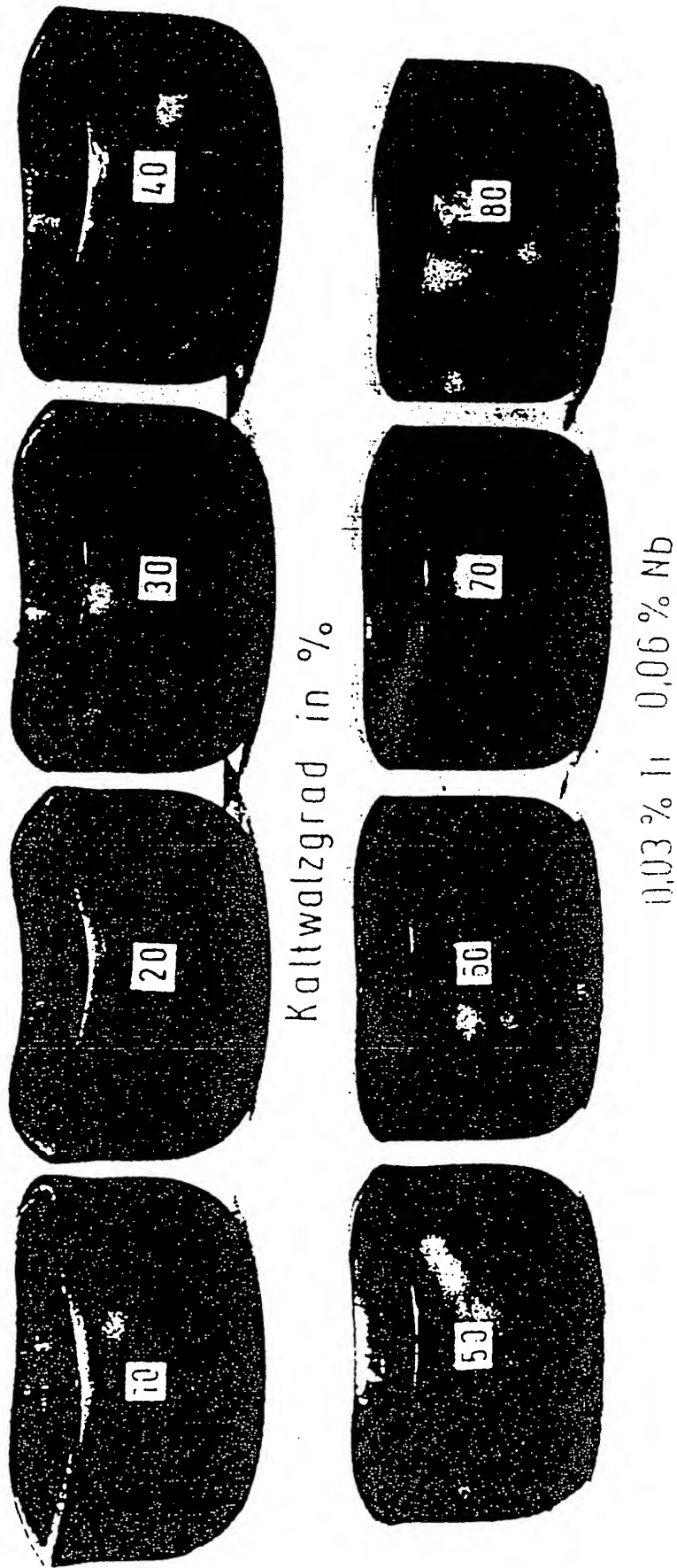


FIG. 15

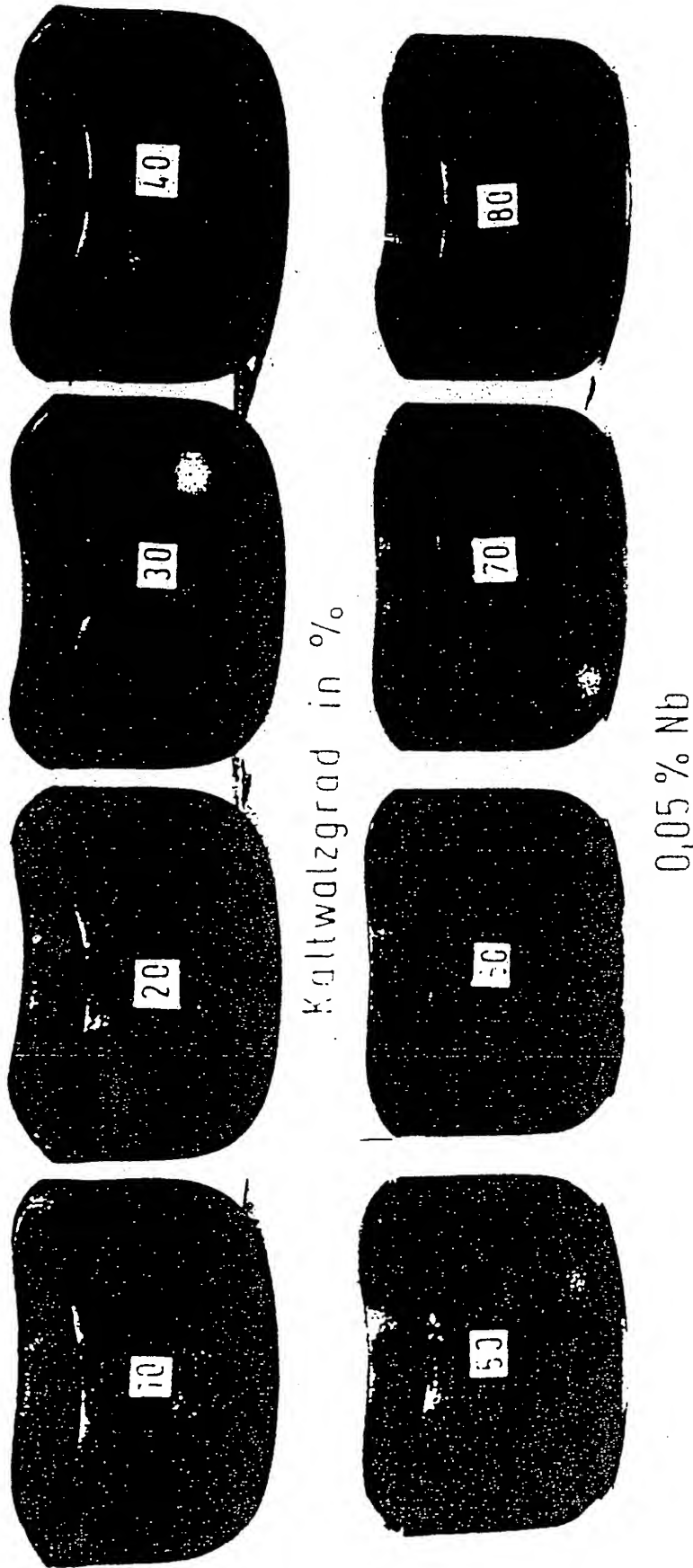


FIG. 16

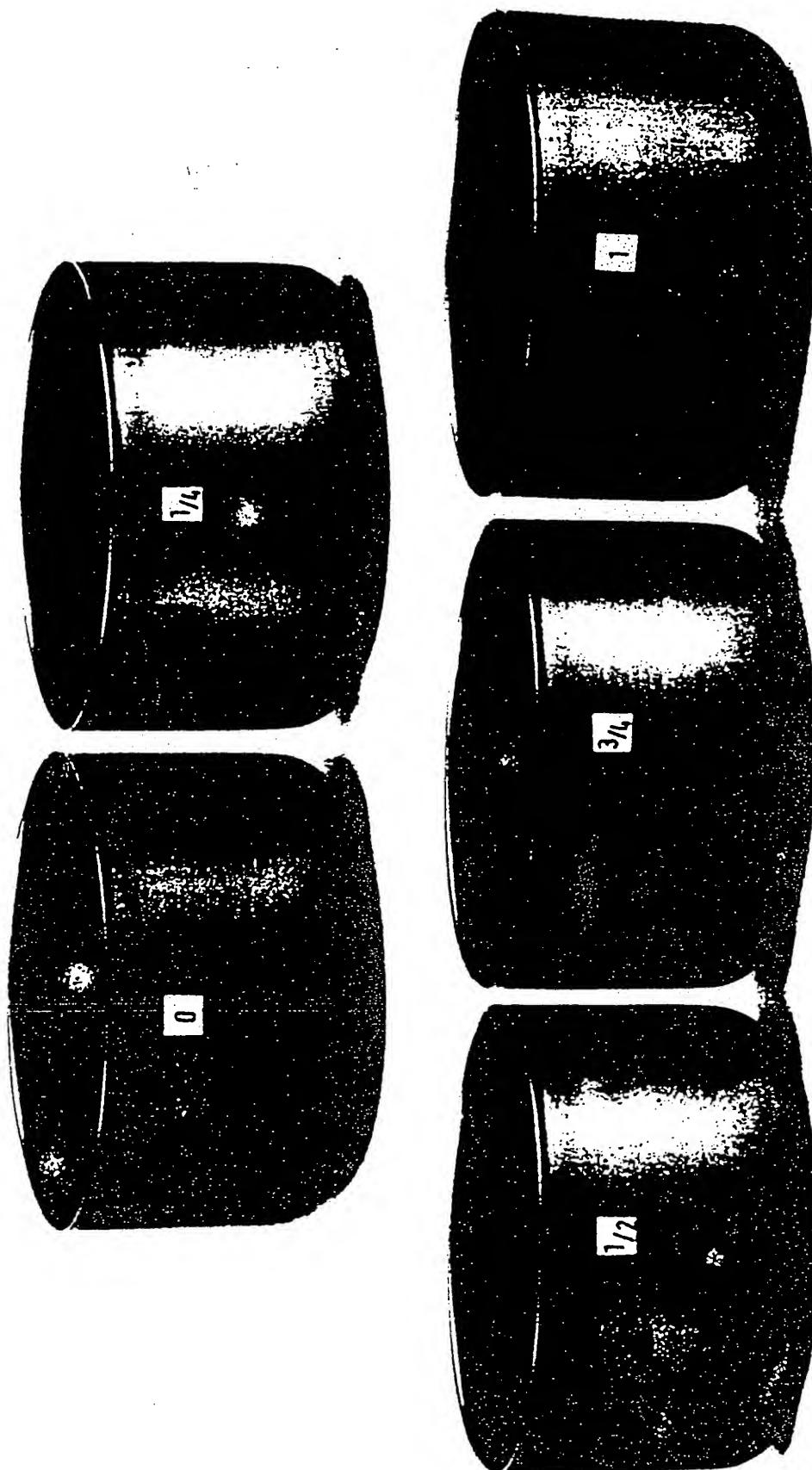


FIG. 17

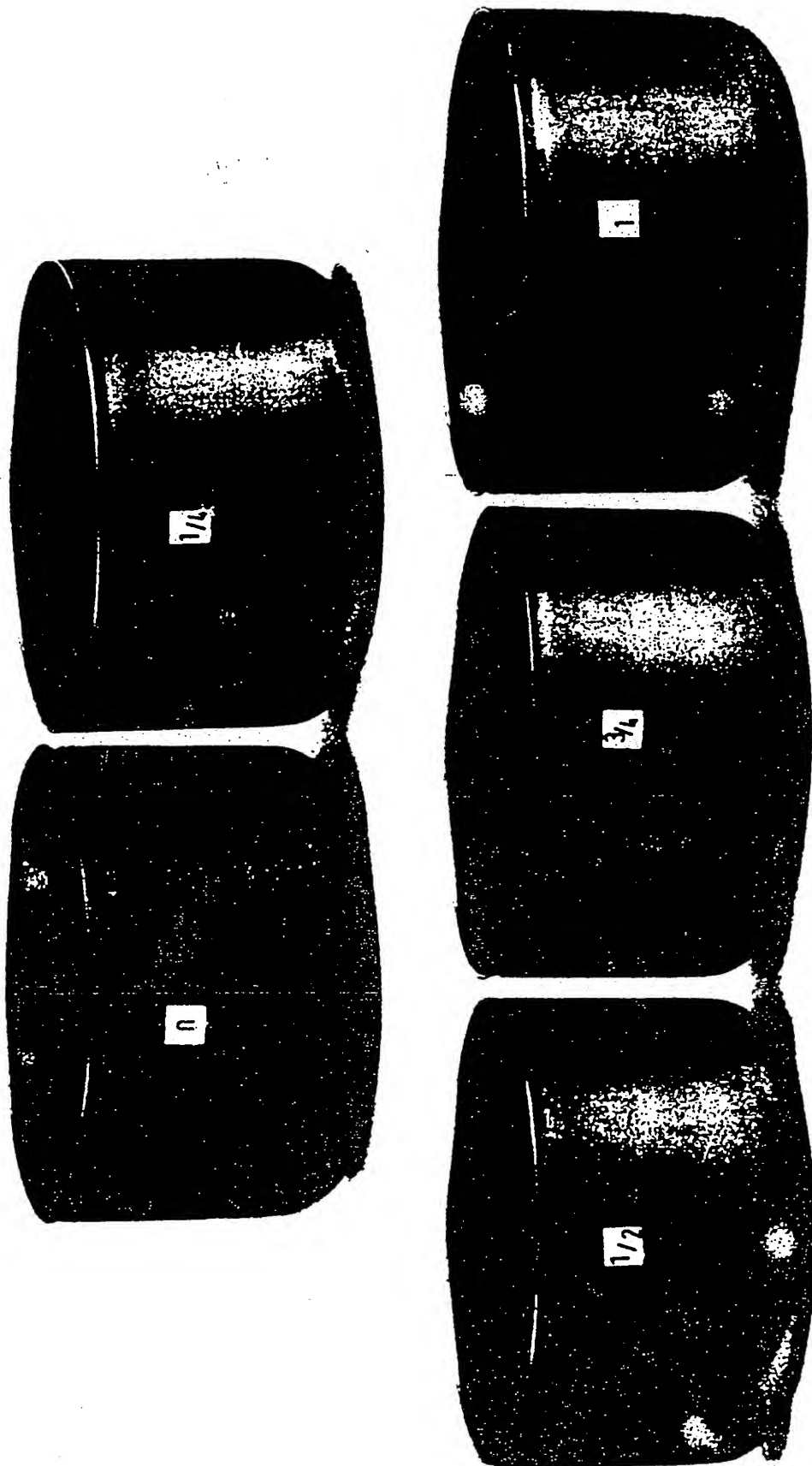


FIG. 18